

**Katedra:** Katedra filosofie

**Studijní program:** B6101 Filozofie humanitních věd

**Studijní obor:** 6101R026-0 Filozofie

Filosofie vědy v díle Alberta Einsteina  
Philosophy of Science in the Work of Albert  
Einstein

**Bakalářská práce:** 13–FP–KFL–208

**Autor:**

Roman MACHÁČEK

**Podpis:**

---

**Vedoucí práce:** Mgr. Vít Bartoš

**Počet**

stran	grafů	Obrázků	tabulek	pramenů	příloh
38				7	1

V Liberci dne:

## Čestné prohlášení

**Název práce:** Filosofie vědy v díle Alberta Einsteina  
**Jméno a příjmení autora:** Roman Macháček  
**Osobní číslo:** P10000396

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo.

Prohlašuji, že má bakalářská práce je ve smyslu autorského zákona výhradně mým autorským dílem.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom/a povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval/a samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Prohlašuji, že jsem do informačního systému STAG vložil/a elektronickou verzi mé bakalářské práce, která je identická s tištěnou verzí předkládanou k obhajobě a uvedl/a jsem všechny systémem požadované informace pravdivě.

V Liberci dne: 24. 4. 2013

---

Roman Macháček

## **Poděkování**

Na tomto místě chci poděkovat Mgr. Vítu Bartošovi, vedoucímu mé bakalářské práce, za přínosné konzultace a odbornou pomoc.

Poděkování patří také mé rodině, která mě plně podporovala po celou dobu mého studia.

## Anotace

V této bakalářské práci se budu zabývat filosofií vědy Alberta Einsteina, jeho filosofickým postojem a vnímáním vztahu filosofie a vědy. Einsteinovy názory zde budou reflektovány i z hlediska jeho významného působení v teoretické fyzice, které vyústilo ve zformulování teorie relativity, Einsteinova nejznámějšího díla.

Hlavním cílem mé práce je objasnit Einsteinovy pozice v jeho tvorbě, na kterou měla vliv celá řada významných filosofů a vědců, Einsteinových současníků i předchůdců. Mou snahou je vyložit vývoj Einsteinových názorů v kontextu tehdejšího filosofického myšlení, logického pozitivismu, reprezentovaného Vídeňským kruhem. Práce se kromě Einsteinových filosofických pozic zabývá i jeho vztahem k náboženství, společnosti a etice vědeckého výzkumu.

**Klíčová slova:** Albert Einstein, filosofie vědy, teorie relativity, pozitivismus.

## Annotation

In this thesis I will be engaged in Albert Einstein's philosophy of science, his philosophical attitude and perception of the relationship of philosophy and science. Einstein's opinions will be reflected here from a viewpoint of his remarkable activity in theoretical physics, which lead into the formulation of the theory of relativity, Einstein's best known work.

The main intention of my thesis is to clarify Einstein's positions in his work, influenced by a number of distinguished philosophers and scientists, both Einstein's predecessors and contemporaries. My effort is to interpret the evolution of Einstein's opinions in the context of philosophical thinking at that time, logical positivism, represented by the Vienna circle. Besides Einstein's philosophical positions, the thesis occupies with his relations to religion, society and scientific research ethics.

**Keywords:** Albert Einstein, philosophy of science, the theory of relativity, positivism.

## Obsah

1 Pojetí společnosti a svobody.....	1
2 Einsteinův vztah k náboženství.....	4
3 Einsteinova pozdní fáze.....	6
4 Intelektuální pozadí Einsteinova světonázoru.....	8
4.1 Ernst Mach a Vídeňský kruh.....	9
4.2 Einstein a Max Planck .....	13
4.3 Einstein a Newton.....	14
4.4 Einstein a Alfred North Whitehead .....	15
5 O teorii relativity.....	18
5.1 Speciální teorie relativity.....	20
5.2 Obecná teorie relativity.....	24
5.3 Důsledky teorie relativity.....	26
5.4 Má náš svět hranice?.....	27
6 Einsteinova filosofie vědy.....	30
7 Seznam použitých zdrojů.....	38

## Úvod

Albert Einstein, jeden z nejvýznamnějších fyziků dvacátého století, už od dob svého mládí projevoval značný zájem o studium filosofie, konkrétně filosofie vědy a její metodologie. Při svém působení na akademické půdě pobýval Einstein i v Praze, než se později přesunul do Německa a nakonec emigroval do Spojených států amerických, kde zůstal až do konce svého života.

Tato bakalářská práce si klade za cíl vyložit Einsteinovy filosofické názory, které uplatňoval i ve své fyzikální činnosti. Zároveň bude zajímavé sledovat, jak byla jeho práce ovlivněna nejen jeho předchůdci, počínaje Isaacem Newtonem, ale i Einsteinovými současníky z oblasti vědy i filosofie. Vývoj jeho názorových pozic zde bude porovnáván s tehdejší převládajícím filosofickým směrem, logickým pozitivismem.

V této práci čerpám především ze dvou Einsteinových děl, *Jak vidím svět* a *Teorie relativity*. Dalším zdrojem je pak dílo Alfreda Northa Whiteheada *Matematika a dobro a jiné eseje*. Čerpám také z knihy Michala Andrlého, nazvané *Whiteheadova filosofie přírody* a z knihy Geralda Holtona *Věda a antivěda*. Mými dalšími prameny, z kterých čerpám, jsou pak internetové zdroje Stanford Encyclopedia of Philosophy a Marxists Internet Archive.

Práce je členěna do několika kapitol a podkapitol, které se nejprve zabývají Einsteinovými názory ohledně lidského života, společnosti, vědecké etiky a náboženství. Práce dále pojednává o dalších vědcích a filosofech, kteří měli vliv na Einsteinovu práci i život. Další kapitoly popisují Einsteinovu teorii relativity, za kterou byl oceněn Nobelovou cenou, a její důsledky na další vývoj fyziky. Poslední část práce se zabývá Einsteinovou filosofií vědy, kterou vždy považoval za nezbytnou součást vědeckého výzkumu.

## 1 Pojetí společnosti a svobody

Filosofická otázka po smyslu lidského života, či po účelu samotného tvorstva vůbec, připadala vždy Einsteinovi nesmyslná a bezpředmětná, proto se jí nikdy nevěnoval. Přesto však měl, stejně jako každý člověk, své ideály, které ho provázely životem a udávaly směr jeho konání a bytí na tomto světě. Přestože mnozí lidé vidí ve smyslu svého života vlastní pohodlí a štěstí, Einstein právě takovým životem, prožitým v honbě za všedními a povrchními cíli, opovrhoval. Jako svůj ideál a smysl života viděl dobro, krásu a pravdu. Podle svých vlastních slov sice byl s postupujícím věkem stále více samotářským typem, měl však stále velmi silně vyvinutý smysl pro společenskou rovnost a povinnost. Výhodu samotářského života spatřoval v nezávislosti na názorech jiných lidí.

Einstein byl také neochvějným demokratem, který si velmi cenil lidské svobody. Přál si, aby všichni lidé byli respektováni stejně, přestože si byl vědom toho, že právě na něj samotného lidé hledí jinak a obdivují ho pro jeho zásluhy na poli vědy. Einstein byl ale přesvědčen i o důležitosti společenského celku. Za úroveň našeho života podle jeho mínění vděčíme společnosti, ve které žijeme. Pokud by byl jedinec od narození ponechán jen sám sobě, jeho myšlení a cítění by bylo srovnatelné s myšlením a cítěním zvířat. Teprve životem v celku lidstva je člověk tím, čím je. Na společnosti je člověk velmi závislý z toho důvodu, že se díky sociálním vztahům nejen učí, ale díky ostatním členům společnosti si také může opatřit stravu, oblečení nebo dokonce obydlí, ve kterém žije. Podle toho, jak se pak člověk sám chová vzhledem ke společnosti, posuzujeme, zda je dobrý či špatný. K takovému posouzení by však neměly sloužit jen sociální vlastnosti jedince. Důležitá jsou i samostatná tvůrčí individua, bez nichž by nedošlo k významným vědeckým objevům, a tím i k pokroku celého lidstva. „Zdravá společnost je tedy závislá na samostatnosti individuí právě tak jako na jejich těsném sociálním sepětí.“<sup>1</sup> Problémem dnešní doby je podle Einsteina právě nedostatek individualit, zapříčiněný úpadkem vlastní důstojnosti. Tento nedostatek lze v dnešní společnosti pozorovat například tak, že ačkoliv hustota populace výrazně stoupá, počet významných osobností naopak výrazně klesá. Vinou poklesu duševní samostatnosti občanů a jejich citu pro právo byl umožněn nástup diktatur, které přetrvávají jen kvůli nedostatku lidské důstojnosti.

---

<sup>1</sup> EINSTEIN, Albert. *Jak vidím svět*. 2. edičně upravené vydání. Praha: Československý spisovatel, 1966, s. 120.

Za největší nebezpečí pro lidskou svobodu Einstein označoval nacismus. V období studené války také odsoudil tendenci Spojených států vykonávat nad jejich občany státní dohled. „Nezměrné utrpení Židů za vlády nacismu posílilo jeho pocit sounáležitosti se svým národem – se sympatiemi sledoval založení Izraele, nepřijal ale návrh, aby se stal jeho prvním prezidentem. S nedůvěrou pohlížel na nahromadění majetku v rukách jednolivců a nevyhýbal se slovu „socialismus“. Nevěřil však, že k lepšímu uspořádání lidské společnosti je možno dojít násilím.“<sup>2</sup>

Jelikož byl Einstein také velmi silným pacifistou, z hloubi duše nenáviděl vojáctví, jehož byl zapřísáhlým odpůrcem. Stejně tak vyjadřoval své hluboké opovržení válkou, která podle něj mohla být dávno věcí minulosti, kdyby národy nebyly manipulovány obchodem a politikou. „Během první světové války se otevřeně a výrazně distancoval od vlasteneckého nadšení většiny svých kolegů (což mu císařské Německo trpělo).“<sup>3</sup> Přesto však věří v lepší budoucnost. Věřící v ulehčení lidské práce díky rozvoji vědy a techniky. Věřící, že právě materiální zabezpečení a volný čas mohou přispět k rozvoji osobností a k ozdravě celé společnosti.

Za projev Einsteinova pacifismu lze považovat i jeho přimluvení se dopisem prezidentu Masarykovi za jistého Přemysla Pittra, kterému hrozilo vězení za odmítání vojenské služby. „Masaryk Einsteinovi promyšleně odpovéděl na rozdíl od Gottwalda, který na Einsteinovu prosbu o milost pro odsouzené k smrti v procesu s Miladou Horákovou nereagoval.“<sup>4</sup>

V roce 1932 byl Albert Einstein nacisty donucen odjet z Německa. Tehdy pochopil, že pacifismus nelze prosazovat vždy a všude. Stal se americkým občanem a dokonce vyzval prezidenta Roosevelta, aby započaly práce na výrobě jaderných zbraní. Rooseveltova nástupce se ale po porážce Německa pokoušel od použití těchto zbraní odradit. Einstein se také snažil prosadit světovou dohodu, která by zrušila armády, čímž by se zabránilo válkám. Stále existuje možnost, že toto opatření bude ještě někdy v budoucnu přijato.

Jak už bylo řečeno, člověk je podle Einsteina velmi závislý na společnosti, ve které žije. Einstein ale v této souvislosti řeší také otázku mravní odpovědnosti, týkající se (nejen) vědců. Tedy pokud nám stát v určité situaci nařizuje, abychom se chovali podle daného schématu, které je však proti našemu svědomí, jak bychom se měli zachovat?

<sup>2</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 58.

<sup>3</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 57.

<sup>4</sup> Tamtéž.



Podle státu je člověk závislý na společnosti a proto by se měl podřídít jejím příkazům, za které v tom případě nenese žádnou odpovědnost. Podle Einsteina však takové pojetí sice může odpovědnost zmenšit, nikoliv však úplně odstranit. Měla by podle něj vzniknout „Společnost pro sociální odpovědnost vědy“, kde díky diskuzi jednotlivců dojde k samostatnému rozhodnutí podle svého svědomí.

Co se týče vědeckého člověka, existuje zde paradox vzniklý jeho bádáním, před kterým dnes takový člověk stojí. Může být sice pyšný na to, jak jeho objevy zlepšily pracovní procesy jiných lidí do takové míry, že už k nim není třeba manuální práce. Zároveň je však dalším výsledkem jeho objevů akutní ohrožení lidstva, jestliže se jeho objevů chopí špatní představitelé politické moci. Pokud je veškerá moc soustředěna v malé skupině jedinců, na jejichž jednání jsou závislí všichni ostatní, vědecký člověk se pak svou tvrdou prací připravil o vlastní svobodu. Otázkou je, zda musí vědecký člověk snášet takové ponižování? Einstein na to odpovídá: „Vnitřně svobodného a svědomitého člověka mohou sice zničit, ale nemohou z něho učinit otroka anebo slepý nástroj.“<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> EINSTEIN, Albert. *Jak vidím svět*. 2. edičně upravené vydání. Praha: Československý spisovatel, 1966, s. 125.

## 2 Einsteinův vztah k náboženství

V dětství Einsteina velmi zajímalo náboženství. Svou víru ale ztratil při zjištění, že některé Biblické příběhy nemohou být pravdivé, k čemuž dospěl čtením populárně vědeckých knih. Proto se rozhodl, že se bude věnovat vědě, o které byl přesvědčen, že v ní nemůže dojít k podobnému zklamání. Postupem času si ale začínal uvědomovat, že ani vědecké poznání člověku nedokáže odpovědět na otázky, jaký svět je a jaký by měl být. Vrátil se proto k náboženství. Jeho víra ale není náboženská v běžném smyslu, což souvisí i s jeho filosofickým postojem, podle kterého je svět „spíše čtyřrozměrným bytím než evolucí třírozměrného bytí“.<sup>6</sup>

Pokládal si ale otázku po tom, co přivedlo lidi k náboženskému myšlení. U primitivního člověka byly důvodem k takovému smýšlení různé druhy strachu, ať už se jednalo o strach z hladu, z divoké zvěře či ze smrti. Člověk si myslel, že když bude vykonávat určité rituály a přinášet oběti, získá tím přízeň obávaných bytostí a odvrátí tím od sebe nebezpečí. První fáze náboženství tak byla vyjádřena lidskou snahou o naklonění si přírodních sil.

Dalším motivem pro náboženské smýšlení jsou společenské city. Člověk si ve své touze po lásce a opoře vytváří pojem boha, který se o něj bude starat, ochrání ho, ale také ho může i potrestat, pokud se člověk bude protivit jeho vůli. Druhá fáze je tedy charakterizována hledáním mravní autority. Toto jsou tedy podle Einsteina první dva stupně náboženského prožitku, strach a morálka. Přestože jsou všechna náboženství smíšená, na vyšších stupních společenského života převládá forma mravního náboženství.

Existuje však ještě třetí stupeň náboženského prožitku, který Einstein nazývá kosmickou zbožností. Člověk v této kosmické zbožnosti vnímá vlastní nicotnost i vznešenost řádu, který se objevuje jak v přírodě, tak i v myšlenkovém světě. Tento řád ale přesahuje lidské možnosti chápání natolik, že nemůže být nikdy zcela pochopen. Na takovém stupni zbožnosti neexistují žádná dogmata ani antropomorfní bůh, proto zde nemůže existovat žádná církev. Přestože věda a náboženství proti sobě navzájem bojují, kosmická zbožnost je podle Einsteina nejvznešenější součástí vědeckého zkoumání. Je ale otázkou, jak Einstein své kosmické náboženství sloučil s okolním světem. Je možné,

---

<sup>6</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 57.

že zde pro něj platí Wittgensteinův výrok o tom, že pokud neumíme o něčem mluvit, musíme o tom mlčet.

Jako nejkrásnější prožitek Einstein označuje zážitek tajemna, který stojí u zrodu umění, vědy i náboženství. „Komu to není známo, kdo se už neumí divit, neumí žasnout, ten je takříkajíc mrtev a jeho oko vyhaslé.“<sup>7</sup> Právě v tomto smyslu byl Einstein náboženským člověkem, v tomto cítění, že existuje jakýsi projev nejhlubšího rozumu a krásy. Neuměl si představit boha, který by odměňoval, trestal nebo měl snad vůli podobnou té naší. „Mně stačí mystérium, že život je věčný, i vědomí a tušení zázračné stavby jsoucna, jakož i oddaná snaha pochopit aspoň nepatrný díl rozumu, který se projevuje v přírodě.“<sup>8</sup> „Na základě svých výroků o kosmickém náboženství a řádu bývá Einstein často dáván za příklad, že nejhlubší poznání vrací člověka k víře.“<sup>9</sup>

---

<sup>7</sup> EINSTEIN, Albert. *Jak vidím svět*. 2. edičně upravené vydání. Praha: Československý spisovatel, 1966, s. 117.

<sup>8</sup> Tamtéž.

<sup>9</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 56.

### 3 Einsteinova pozdní fáze

Mezi fyziky panovalo přesvědčení, že Einstein po vybudování své slavné teorie relativity již nic důležitého nevytvořil. Také považovali za zvláštní, že se snažil jím odmítanou kvantovou teorii nahradit jednotnou teorií pole. Tyto názory však byly mylné, neboť Einstein se i po roce 1915 „plodně zabýval řadou problémů makroskopické fyziky a fyziky mikrosvěta. Jeho práce se týkaly mikroskopického vysvětlení magnetismu, šíření světla a zvuku v látkách či supravodivosti v kovech.“<sup>10</sup> Prosazoval existenci molekul a atomů. „Einsteinova práce je jakýmsi myšlenkovým mikroskopem, který dává průhled do světa fyzikům toho času jinak nepřístupného.“<sup>11</sup> A přestože byl odpůrcem kvantové teorie, povedlo se mu vytvořit úrodnější půdu pro základ kvantové hypotézy a vývoj kvantové teorie pozorně sledoval. Nebyl s ním však spokojený. Viděl v něm vzdalování se od klasického matematického popisu fyzikálních dějů. Své kolegy se snažil přesvědčit, že toto omezování je možné překonat, protože není nutné. Tyto diskuze Einstein vedl především s Nielsem Bohrem. „I když v očích většiny současníků zvítězil v debatách Bohr, jde o problémy natolik hluboké, že se k nim významní fyzikové vracejí i dnes např. v souvislosti s úvahami o sjednocení fyziky či pochopení povahy lidského vědomí.“<sup>12</sup>

„Dalo by se snad říci, že kvantová mechanika je vskutku v Einsteinově smyslu neúplná, ale tato neúplnost není jejím nedostatkem, nýbrž odrazem prazvláštní povahy světa samotného. I když tedy příroda nedala Einsteinovi za pravdu, jeho kritika byla a stále zůstává stimulem k vývoji kvantové teorie a snaze o pochopení jejího nejhlubšího smyslu.“<sup>13</sup>

Einsteinova hlavní snaha ve druhé polovině jeho života bylo sjednocení gravitace a elektromagnetismu, čímž by se podle jeho představ sjednotila celá fyzika. Bohužel se mu ale nepodařilo vypracovat takovou variantu jednotné teorie, která by při srovnání s realitou spolehlivě odpovídala skutečnému světu. Nepodařilo se to ani jeho kolegům, Hermannu Weylovi, Arthuru Eddingtonovi, Wolfgangu Paulimu či Erwinu Schrödingerovi.

---

<sup>10</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIMUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 50.

<sup>11</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIMUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 20.

<sup>12</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIMUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 51.

<sup>13</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIMUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 52.

Na konci svého života se už nepohyboval v hlavním proudu fyziky. „O rozvinutí jeho díla jeví zájem spíše matematikové, jako logik, brněnský rodák, Kurt Gödel, který řešil Einsteinovy rovnice ze zájmu o filosofickou problematiku času, či Václav Hlavatý, kterého zajímala geometrická stránka jednotných teorií pole.“<sup>14</sup>

Einstein sám se někdy vyjadřoval skepticky ohledně osudu svých prací. Přestože tvrdil, že při ohledu zpět na své celoživotní dílo si není jistý vůbec ničím, současná fyzika jeho dílo do velké míry potvrdila. Jeho snahu o vyhnutí se kvantové fyzice však současná fyzika nesdílí. „Rozplynutí jeviště fyzikálních dějů v kvantové neurčitosti se současným zachováním jasné formulace zákonů přírody znamená ovšem úkol nesmírně těžký a žádná z možných cest k němu není dosud dostatečně věnována úspěchy.“<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 54.

<sup>15</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 55.

## 4 Intelektuální pozadí Einsteinova světonázoru

Pokud bychom měli začít člověkem, který měl na Einsteina podle něj samotného největší vliv, byl by jím nizozemský fyzik Hendrik Antoon Lorentz. Sám Einstein říkal, že Lorentz byl člověk, který pro něj znamenal víc než všichni ostatní lidé, se kterými se během svého života setkal. Do styku spolu přišli na univerzitě v Leydenu, kde Einstein navštěvoval Lorentzovy přednášky, protože zde občas pobýval u svého přítele Paula Ehrenfesta, rakouského fyzika a matematika. Lorentz podle Einsteina nejen znamenitě rozuměl fyzice a matematice, ale i jeho chování vůči ostatním lidem bylo neobyčejné. Byl totiž velmi dobrotivý, svědomitý, se smyslem pro humor a s citem pro lidské vztahy. Lorentzova práce se zasloužila o velké zjednodušení základů teoretické fyziky. Velmi jasně a důsledně totiž položil značně zjednodušený základ teorie všech elektromagnetických jevů a jeho „Lorentzova transformace“ také vedla ke speciální teorii relativity.

„Vrátíme-li se nyní ke zvážení podílu jednotlivých autorů na vytvoření teorie relativity, vyvstanou nám jako klíčová čtyři jména. Lorentz dospěl před práh teorie relativity, který Einstein a Poincaré překročili: Poincaré v návaznosti na práce Lorentzovy, Einstein vlastní osobitou cestou výlučně na základě svých postulátů.“<sup>16</sup> „Minkowski dovršil matematickou stavbu teorie, což se ukázalo jako klíčové pro cestu k obecné teorii relativity.“<sup>17</sup>

Einstein a Lorentz k sobě chovali přátelské i obdivné city. Přestože se jejich názory ohledně relativity lišily, oba si jich vzájemně vážili. Zato mezi Einsteinem a Poincarém kromě vzájemné úcty nepanovaly tak vřelé vztahy. Důvodem mohl být Poincarého pocit křivdy, že Einstein nevyzdvihl jeho přínos matematice. Zároveň to ale mohl být i Einstein, který se cítil dotčen tím, že Poincaré neohodnotil, jakého pokroku Einstein dosáhl zase ve fyzice. „Lze snad na závěr říci, že kdyby nebylo Einsteina, mohl dnes být za hlavního tvůrce speciální teorie relativity pokládán Poincaré.“<sup>18</sup> Ze zkoumání výkladu teorie relativity ale vyplývá, že převažuje spíše Einsteinův pohled, který navíc dokázal spojit speciální a obecnou teorii relativity a vysvětlit ji tak, aby bylo možné ji přiblížit i laické veřejnosti. „Mluvíme o Lorentzově transformaci a Lorentzově

<sup>16</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 30, 31.

<sup>17</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 31.

<sup>18</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 32.

kontrakci, o Poincarého grupě transformací (zahrnuje kromě Lorentzových transformací – otočení v prostoročase – ještě posuny a prostorové a časové zrcadlení), o Minkowského čtyřrozměrném (plochém) prostoročase a geometrii, ale o Einsteinově speciální relativitě.“<sup>19</sup>

Jedním z lidí, které je třeba také připomenout jako osoby pro Einsteina důležité, byl jeho spolužák, matematik Marcel Grossman. Díky jeho svědomitým zápisům z přednášek Einstein úspěšně složil zkoušky a díky Grossmanově otci také získal své místo na Patentním úřadě v Bernu. Grossman také Einsteina zasvětil do Riemannovy geometrie zakřivených prostorů, čímž mu ušetřil čas, který by strávil dalším studiem. Také se podílel na Einsteinových dvou pracích, z nichž jedna z roku 1913 dostala název *Projekt zobecněné teorie relativity a teorie gravitace*.

Dalším matematikem, který výrazně zasáhl do Einsteinova života byl David Hilbert, který se zabýval teorií gravitace. Hilbert Einsteinovi dokonce při hledání rovnic jednu dobu konkuroval, čímž mezi nimi nakrátko vzniklo napětí, které ale brzy zmizelo.

#### 4.1 Ernst Mach a Vídeňský kruh

Další významnou osobou v Einsteinově životě byl fyzik a filosof Ernst Mach, narozený v Chrlících, které jsou dnes částí Brna. „Za ideu, která měla na Einsteina největší vliv, je tradičně považována Machova představa o nutnosti reinterpetace setrvačných sil, kterou rozeznal jako slabý bod tradiční mechaniky. Mach navrhuje vyloučit absolutní prostor jakožto smyslům nepřístupnou „metafyzickou“ entitu z fyzikálního zdůvodňování.“<sup>20</sup>

Mach se nemohl přímo podílet na vzniku obecné teorie relativity a nejspíš k ní i zaujal negativní postoj. „Einstein se však na něho odvolává ve svém shrnutí obecné teorie relativity z roku 1916, když zdůvodňuje, proč bylo třeba vykročit za rámce newtonovské mechaniky i obecné teorie relativity.“<sup>21</sup> Einstein si nejdříve myslel, že obecná teorie relativity je v souladu s Machovým postojem, „že tedy setrvačné síly jsou vyvolány vzdálenými kosmickými hmotami“<sup>22</sup>. Vyšlo však najevo, že z obecné teorie relativity sice vyplývá, že „rotující těleso ve svém okolí vytváří jistý „strhávací efekt“

<sup>19</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 32.

<sup>20</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 252, 253.

<sup>21</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 40.

<sup>22</sup> Tamtéž.

(gravitační magnetismus), který jako by nutil místní inerciální soustavy sledovat otáčení tělesa, na druhé straně však tento jev neodstraňuje rozdíl mezi poli rotujícího a nerotujícího tělesa.<sup>23</sup> Přestože se stále diskutuje o míře, do jaké je Machovo učení zahrnuto v obecné relativitě, je zřejmé, že k objevení obecné relativity přispěl.

Podle Machových prací vydaných do roku 1916, kdy zemřel, se mohlo zdát, že souhlasil s Einsteinovou teorií relativity. Ve skutečnosti nejsou jeho postoje vůči této teorii zcela jasné. V Machově knize *Základy fyzikální optiky*, vydané pět let po jeho smrti, však stojí, že relativitu zcela jasně odmítal. Ačkoliv existují různé teorie, které buď dávají Machovu odvratu od relativity za pravdu či naopak, faktem zůstává, že kromě zklamání neznamenal Machovo odmítnutí pro Einsteina nic, co by nějakým způsobem poznamenalo jeho práci. „Když bylo v roce 1921 publikováno, Mach byl již pět let mrtev a Einstein v té době už postoupil ve vývoji své epistemologie tak daleko, že už ho nemohl Machův – ani kohokoliv jiného – projev zájmu nebo odmítnutí prakticky vůbec zajímat.“<sup>24</sup>

Pravdou také je, že Mach nedisponoval příliš dobrými znalostmi matematiky, proto lze jen těžko říci, do jaké míry Einsteinově relativitě rozuměl. „Jestliže z ní cokoliv pochopil, byla to zejména skutečnost, že se v této teorii kontakt se „smyslovou zkušeností“, tak jasný v Einsteinově prvním článku z roku 1905, stal nanejvýš mlhavým.“<sup>25</sup> Mach relativitu viděl především z pohledu svého žáka Josepha Petzoldta, který o relativitě Macha zpravoval a předkládal mu vlastní porozumění této teorii i se svými četnými námitkami. Petzoldt ovšem teorii relativity neporozuměl zcela správně, proto lze říci, že Machovo odmítnutí mohlo pramenit právě z chybné interpretace jeho žáka. Machovo uchopení teorie relativity lze na základě těchto informací shrnout takto: „Ať ji měl v úmyslu přijmout, nebo odmítnout, Ernst Mach v tomto okamžiku už nevěděl, co vlastně relativita vůbec je.“<sup>26</sup>

Mach odmítal myšlenku, že absolutní prostor představuje vztažný rámec, na který působí setrvačnost. Místo toho navrhl princip, podle kterého má setrvačnost svůj původ díky vlivu celého okolního vesmíru, který pro něj představuje nehybný plyn. Tento princip Einsteina silně ovlivnil při práci na obecné teorii relativity, ale na místo

<sup>23</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 41.

<sup>24</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 75.

<sup>25</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 81.

<sup>26</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 86.



mechanických principů Einstein dosadil pojem pole. Co však bylo tím nejdůležitějším, co Einsteina na Machově myšlení inspirovalo, byla jeho snaha o vyloučení metafyzika z teorie přírody a spolehnutí se na vlastní smyslovou zkušenost. „V Machově teorii je „předmět“ fyzikální vědy pojímán jako „komplex elementů“, tj. jednotlivých počítků, které jsou jediným a posledním slovem přírody – není možno předpokládat žádnou „esenci“ za nimi.“<sup>27</sup> Mach požadoval, aby se ve fyzikální teorii vyskytovaly pouze pojmy, které jsou bezprostředně vázány na smyslovou zkušenost nebo takové pojmy, které mohou být ze smyslové zkušenosti co nejjednodušeji odvozeny. „Přírodní zákony mají být z empirické základny odvozovány prostřednictvím regulujícího postulátu „ekonomie myšlení“ („Denkoekonomie“), tj. tak, aby bylo co největší množství jevů vysvětleno co nejmenším množstvím teoretických postulátů (tj. v podstatě prostřednictvím „Occamovy břitvy“).“<sup>28</sup> Tento postoj, který ve vědeckém myšlení odmítá metafyziku, je společný i pro názory Davida Humea a Bertranda Russella.

Einstein si však uvědomuje, že bez určité míry metafyziky by sám nebyl schopen uskutečnit své objevy. Pokud by věda vyloučila metafyziku úplně a pouze popisovala určité jevy, mohla by dokonce vědě uškodit, protože takový postup ani úplně neodpovídá vědeckému zkoumání. Takový přístup je poplatný pozitivistické metodologii. Einstein se však na druhou stranu vyhýbal i Poincarého postoji, který prosazoval fyzikální pojmy založené na *a priori* konvencích.

Vídeňský kruh, jakožto „hnutí vědeckého empirismu ve 20. století“<sup>29</sup>, vycházel zpočátku právě z myšlenek Ernsta Macha. Právě jeden ze zakladatelů Vídeňského kruhu, filosof a fyzik Philipp Frank, se nejvíce zasloužil o interpretaci Machových názorů. Se svým příchodem do Vídně v roce 1922 se také Moritz Schlick „záhy stal ústřední postavou nového vídeňského intelektuálního dění“<sup>30</sup>. „Tato setkání, zahrnující vysoce kompetentní osobnosti z velmi rozličných profesí, příležitostně umožňovala i účast zvaných hostů, jako byli Američané; tato příležitost k vytváření nových známostí bude mít později dalekosáhlé důsledky. Jinou významnou událostí byl v roce 1926

<sup>27</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 254.

<sup>28</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 255.

<sup>29</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 37.

<sup>30</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 40.

příjezd Rudolfa Carnapa, bývalého studenta Gottloba Fregeho, kterého Schlick povolal do Vídně jako soukromého docenta.<sup>31</sup>

V roce 1928 byl také založen Spolek Ernsta Macha jako součást Vídeňského kruhu. Tento spolek se snažil dosáhnout sjednocené vědy, která by v sobě slučovala různé vědní obory. Mach ale vždy odmítal tvrzení, že by vytvořil určitou systematickou filosofii, důsledkem čehož byli jeho následovníci nesjednocení, protože každý se věnoval jen určitým částem Machova učení, které se navíc stále vyvíjelo a měnilo. „A tak Carnap a Schlick mohli diskutovat ve svých dopisech ještě v roce 1926 o tom, co machismus ve skutečnosti znamená, stejně jako to činil Neurath ve svých dopisech von Misesovi dokonce ještě v roce 1939, přičemž se nad diskutujícími vznášel „Machův duch“.“<sup>32</sup>

V roce 1929 vydali Carnap, Hans Hahn a Otto von Neurath manifest nazvaný „*Vědecké pojetí světa: Vídeňský kruh*“. V tomto manifestu bylo vymezeno zaměření Vídeňského kruhu proti metafyzice za účelem sjednotit vědu, což bylo zároveň i reakcí na názor Karla G. Hempela, že filosofie nedokázala uspokojivě řešit metafyzické problémy. Jednotnost vědy byla společným tématem Macha i Einsteina. Shodné byly i jejich názory na další důležitá témata. Na příklad Einstein své změny, které provedl v mechanice a elektrodynamice, označuje spíše za úpravy než za úplné popření původních teorií, což ukazuje jeho evoluční chápání vědy namísto revolučního. Tento postoj ohledně rozvoje vědy zaujímá i Ernst Mach.

Snahy Vídeňského kruhu byly také inspirovány osvícenskými idejemi celkové modernizace života. Členové Vídeňského kruhu se viděli jako hrstka odpůrců tehdejší silné německé filosofie, jejímž zdrojem byla v podstatě Kantova metafyzika. Z toho důvodu také Vídeňský kruh hledal další sympatizanty ve Velké Británii, Francii, ale hlavně ve Spojených státech amerických, odkud mezi jinými do Vídně dorazil i W. V. Quine. Naneštěstí se ale ve třicátých letech „začaly stahovat nad Evropou mraky šílenství a ohlašovaly tragický konec pro mnoho intelektuálů z hnutí i pro celé dědictví Machova vlivu na myšlení starého kontinentu. V roce 1936 byl rozzuřeným studentem na schodech vídeňské univerzity zabit Moritz Schlick. Dva roky předtím profašistická vláda rakouského kancléře Engelberta Dollfusse rozpustila policejně Spolek Ernsta Macha kvůli obvinění, že se politicky angažoval na straně sociálních demokratů.“<sup>33</sup>

<sup>31</sup> Tamtéž.

<sup>32</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 42.

<sup>33</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 48.

Ve čtyřicátých až šedesátých letech dvacátého století zažily Spojené státy velký příliv Evropanů, kteří uprchli z vlasti. „Démoni, proti nimž Mach a jeho současníci bojovali, byli již dávno z vědy vyhnáni. Základní role empirismu a logiky v moderní filosofii se zdála být zabezpečena.“<sup>34</sup> Hnutí, které se do Spojených států dostalo z Evropy, se soustředilo především na sjednocení vědy. „Byl to právě Mach, a více než kdokoli jiný, kdo přislíbil odstranit hranice mezi separovanými vědami; ve své inaugurační přednášce ve Vídni v roce 1895 to vyjádřil obrazně: „Jako se krev při vyživování těla rozděluje do nespočetných vlásečnic, aby se znovu shromáždila a setkala v srdci, tak i ve vědě budoucnosti se všechny potůčky vědění budou stále více a více spojovat do společného a nerozděleného proudu.“<sup>35</sup> Takové sjednocování vědy bylo umožněno právě vylučováním metafyziky. Činnost tohoto hnutí skončila se smrtí Philippa Franka v roce 1966. Nový filosofický systém z jeho činnosti sice nevzešel, ale díky tomuto hnutí bylo vědecké filosofii umožněno začít se ubírat novým úspěšným způsobem.

## 4.2 Einstein a Max Planck

Jako dalšího znamenitého vědce označoval Einstein Maxe Plancka. „Planckovou prací byl podkopán jeden z pilířů fyziky – klasická Newtonova mechanika; Einstein ukázal, že kvantové představy podkopávají i druhý pilíř – Maxwellovu teorii elektromagnetického pole, podle níž je energie záření spojitě rozprostřena v prostoru.“<sup>36</sup> Planck pro něj představoval model správného vědce, který se nežene jen za svým osobním prospěchem tak, jako to dělají mnozí další. Ovšem ani bez tohoto druhého typu vědců byl nemohl být vystavěn onen pomyslný chrám vědy. Einstein se ale ptá, co takové lidi vůbec do tohoto chrámu přivedlo? Vzápětí však přináší odpověď. Stejně jako Artur Schopenhauer, souhlasí i Einstein s myšlenkou, že motivem, který člověka přivádí k vědě či umění je útěk z pustého všedního života. „Tento motiv vyhání jemněji naladěného člověka z osobního života do světa objektivního nazírání a chápání.“<sup>37</sup> Dalším důvodem je ale to, že člověk se snaží zpřehlednit svůj obraz světa, a tím v něm najít svůj cíl, klid a stálost. Obraz světa, který je vytvářen teoretickou fyzikou, se vzdává nároku na úplnost. Podle Einsteina je to způsobeno tím, že lidská mysl je

<sup>34</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 51.

<sup>35</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 52.

<sup>36</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 18, 19.

<sup>37</sup> EINSTEIN, Albert. *Jak vidím svět*. 2. edičně upravené vydání. Praha: Československý spisovatel, 1966, s. 27.

omezená ve svém umění dedukce a nemůže tudíž této úplnosti ani dosáhnout. Kdyby to možné bylo, bylo by tak fyzikou možné uchopit každý jev a proces, který se ve světě odehrává. Fyzikové se snaží objevit elementární zákony, díky kterým by se dal sestavit obraz světa čistě deduktivně. To však vyžaduje intuici, která se dokáže vcítit do zkušenosti, nikoliv samotnou logiku.

Einstein také souhlasí s Leibnizovou předzjednanou harmonií. Tedy s názorem, že teoreticky je sice možná existence více fyzikálních systémů, ale ukázalo se, že právě jeden jediný systém převyšuje ostatní. Právě do předzjednané harmonie se snažil nahlédnout Max Planck, i když by se mohl věnovat dosažitelnějším úkolům, kdyby ovšem neměl tak silnou vůli. Za svůj největší úkol, který si sám uložil, bylo spojení kvantové teorie s elektrodynamikou a mechanikou.

### 4.3 Einstein a Newton

Ve výčtu osobností se zde dostáváme i k Siru Isaacu Newtonovi a jeho vlivu na formování teoretické fyziky. Newtonovým největším přínosem ve vědě byla fyzikální kauzalita. Už dříve zde existovaly zákony Johanna Keplera o pohybu planet, inspirované Tycho Brahem. V těchto zákonech dokázal Kepler vypočítat dráhy nebeských těles podle jejich pozorování ze Země. V jeho zákonech však chyběla právě kauzalita: „Tyto zákony se vztahují na pohyb jako celek a nikoli na to, jak z pohybového stavu jednoho systému vyplývá pohybový stav časově přímo následující.“<sup>38</sup> Byly to tedy zákony integrální, nikoliv diferenciální, jichž je v moderní fyzice zapotřebí. A právě Newton byl ten, kdo přišel s požadovaným formálním matematickým systémem (své myšlenky ale dokázal zformulovat i díky Leibnizovi).

Už Galileo Galilei přišel s myšlenkou pohybového zákona, setrvačnosti a volného pádu v tíhovém poli Země. Zjistil, že rychlost padajícího tělesa roste rovnoměrně s časem. Newton spojil sílu a zrychlení, k čemuž navíc zavedl pojem hmoty. Jelikož vycházel z Keplerových zákonů, přišel s myšlenkou, že sílu, která působí na hmotu, určuje poloha všech ostatních hmot v dostatečně malé vzdálenosti od té pozorované, čímž vytvořil úplné kauzální pojetí pohybu. Díky spojení pohybového zákona se zákonem přitažlivosti dokázal Newton logicky a do detailu vysvětlit nejen pohyby vesmírných těles, ale i jevy jako příliv a odliv. Všechno dění v teoretické fyzice od té doby probíhalo téměř dvě století podle jeho zákonů.

---

<sup>38</sup> EINSTEIN, Albert. *Jak vidím svět*. 2. edičně upravené vydání. Praha: Československý spisovatel, 1966, s. 10.

Až Maxwellova teorie elektřiny otřásla Newtonovým učením a ukázala, že vzájemné působení mezi tělesy není důsledkem okamžitého působení síly na dálku, nýbrž důsledkem procesů, které se prostorem šíří konečnou rychlostí. V důsledku opuštění Newtonovy teorie se Maxwell a Lorentz snažili Newtonův zákon pohybu nahradit přesnějším zákonem založeným na elektromagnetické teorii pole, což také vedlo ke speciální teorii relativity, ze které pak vyplývá proměnnost hmoty a její závislost na obsahu energie. Také se ukázalo, že Newtonův zákon pohybu je mezní zákon, který platí pro malé rychlosti, kdežto v teorii relativity byla mezní rychlostí rychlost světla ve vakuu.

#### 4.4 Einstein a Alfred North Whitehead

Obě Einsteinovy teorie týkající se makrosvěta, tedy speciální a obecná teorie relativity, ovlivnily i Alfreda Northa Whiteheada v jeho uvažování o přírodní filosofii. Ve své vlastní teorii se Whitehead s mnoha Einsteinovými tvrzeními ztotožnil, některé však považoval za neuspokojivé. Nepřijal Einsteinův obecný princip relativity, protože podle Whiteheadovy vlastní teorie „nelze rozlišovat mezi „speciální“ a „obecnou“ teorií relativity, která by odlišovala jistá „patra“ v míře obecnosti teorie, ale má teorii pouze jednu, která zohledňuje jak gravitační, tak elektromagnetické pole.“<sup>39</sup> Úpravou zákona o gravitačním poli se také pokusil uvést jej do souladu s testováním probíhajícím vzhledem ke smyslové zkušenosti.

Podle Whiteheada se Einsteinovo dílo skládá ze tří složek, tedy z principu, postupu a výkladu, z nichž je však jedna složka chybná. Za chybnou složku Whitehead označuje právě výklad. Přestože se díky výkladu Einstein dostal až k cíli svého snažení, každý vědec včetně Einsteina samotného musí počítat s tím, že některé části jeho teorie budou postupem času opuštěny a nahrazeny jinými.

Einsteinův princip je však pro vědu převratný, protože se týká vztahu času s prostorem, který plyne z jeho chápání relativity. Isaac Newton, zastánce absolutního pohybu a absolutního času, vycházel při popisu relativního pohybu těles z rozdílu jejich absolutních pohybů. Zároveň mu však jeho vlastní teorie nedávala za pravdu, neboť i podle jeho zákonů nelze nalézt absolutní jednotný pohyb. Jako příklad zde lze uvést vesmírná tělesa: „Jelikož tedy nemůžeme pozorovat variace v rychlostech Slunce a hvězd, plyne z toho, že o kterémkoliv z těchto těles můžeme stejným právem říci, že

---

<sup>39</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 265.

je v klidu, nebo že se pohybuje kterýmkoliv směrem a jakoukoliv rychlostí se nám zlíbí tvrdit.“<sup>40</sup>

Při hledání absolutního pohybu by mohl být užitečný éter, kdybychom vzhledem k němu měřili rychlost pohybu. Jenže veškeré pokusy o takové měření se nezdařily a neprokázaly jeho účinek za podmínek, při kterých by měl vyjít najevo. Einstein však tvrdil, že tento nezdar by mohl být vysvětlen zavedením nového vzorce, který by spojil časové a prostorové měření, které by pozorovatelé prováděli ve vzájemně relativním pohybu. Díky těmto vzorcům Einstein zjistil, že rychlost světla ve vakuu je konstantní, což dále používal ve svém zkoumání. „Jeho teorie simultánnosti je založena na předávání světelných signálů, a tudíž celá struktura našeho pojmu přírody je podstatně závislá na vnímání zářivé energie.“<sup>41</sup>

Jenže právě Whitehead této vlastnosti světla, tedy že jeho rychlost je neměnná, nevěřil, protože to podle něj nakonec ukázaly samotné Einsteinovy výzkumy, stejně jako tomu bylo u Newtona a jeho absolutního pohybu. Podle Einsteina po úpravě Maxwellových rovnic o elektromagnetismu, ve kterých se rychlost světla objevuje, zjistíme, že rychlost světla, které prochází gravitačním polem, je měněna gravitačními vlastnostmi tohoto pole.

Pojmy času a prostoru z Einsteinovy obecné teorie relativity chápe Whitehead jako názvy pro metody měření čtyř rozměrů světa, tedy tří prostorových rozměrů, které jsou třeba k určení jakéhokoliv bodu a jednoho jeho časového rozměru. Všechny tyto čtyři rozměry dohromady nazývá měrným systémem. Různí pozorovatelé však mohou mít různé mínění o prostoru a času, neboť záleží na podmínkách jejich pozorování. Pro vhodného pozorovatele se pak měrný systém svým rozdělením na tři prostorové a jednu časovou hodnotu stává prostoro-časovým. V „bezčasovém“ vesmíru, jak ho Whitehead nazývá, se v měrném systému, tedy určité událostní částici, musí vždy přiřazovat jeho tři prostorové hodnoty ke každé možné hodnotě jeho časového rozměru, přičemž tyto tři prostorové hodnoty musí zachovávat souřadnice dané událostní částice. Zjišťují se však dva paradoxy, zjištěné při měření prostorových vzdáleností mezi událostními částicemi. Prvním z nich je ten, že událostní částice, tedy souhrn tří prostorových hodnot a jedné časové, se stává jen jednou ze souboru událostních částic, když se děje v bodě se stejnými prostorovými hodnotami. Druhým paradoxem je ten, že když se přechází od

<sup>40</sup> WHITEHEAD, Alfred North. *Matematika a dobro a jiné eseje*. 1. vyd. Praha: MF, 1970, s. 82.

<sup>41</sup> WHITEHEAD, Alfred North. *Matematika a dobro a jiné eseje*. 1. vyd. Praha: MF, 1970, s. 83.

jednoho měrného systému ke druhému, jsou to prostorově nesouhlasné systémy, jejichž body se od sebe podstatně liší.

Každá událostní částice má tedy své tři prostorové hodnoty, které náležejí jejímu bodu, a také svou časovou hodnotu, což jsou tedy její čtyři specifické souřadnice. Událostní částice se v jejich příslušném prostoru dějí v jejich určité časové hodnotě. „Jsou to okamžité body okamžitého prostoru. Okamžitý prostor nějakého vhodného měrného systému je ideální limit našeho obrazu světa, jestliže chceme, aby naše pozorování se co nejvíce blížilo časové bodovosti.“<sup>42</sup>

Co se týče času, Whitehead zde rozvádí následující úvahu. Pokud bychom měli dvě událostní částice, které jsou současné v časové hodnotě jednoho měrného systému, nemusí být současné v časové hodnotě jiného měrného systému. Ve vztahu k jedné událostní částici jsou ostatní událostní částice rozděleny do tří tříd. První třídou je minulost, tedy ostatní událostní částice té první předcházejí. Třetí třída je budoucnost, jsou to tedy částice, které následují po té první. Ve druhé třídě jsou částice, které Whitehead nazývá jako „sopřítomné“ s onou první událostní částicí. Znamená to, že částice sobě vzájemně předchází v různých časových systémech a také, že v ostatních časových systémech jsou současné, takže se jejich vlastnosti stávají paradoxními „Avšak musíme si uvědomit, že tyto paradoxy se vyskytují v souvislosti s nejzajímavějším nevyzpytatelným tajemstvím přírody – s jejím postupem od minulosti k budoucnosti prostřednictvím přítomnosti.“<sup>43</sup>

Kromě těchto tříd událostních částic však existuje ještě čtvrtá, kterou tvoří veškerá okolní příroda v bezprostřední přítomnosti pozorovatele. Tuto třídu označuje Whitehead jako „trvání“, neboť zde dochází ke shodě pozorování a prostoročasového měrného systému, kterému náleží dva okamžité prostory, mezi nimiž se vyskytuje vrstva přírody. Vlastnosti a vztahy prostorových prvků jsou nezbytným předpokladem pro měření, které nemůže proběhnout bez toho, abychom došli ke shodě s naším smyslovým vnímáním. Whitehead ale o jakémkoliv měření v prostoru pochyboval, protože podle něj není možné získat ideální podmínky pro měření, což jsou podmínky stálé, neměnné. „Není mi jasné, jak lze získat pro měření neměnné podmínky. Jinými slovy, nevidím, jak by bylo možno používat stejných pravidel shodnosti ve všech podmínkách.“<sup>44</sup>

<sup>42</sup> WHITEHEAD, Alfred North. *Matematika a dobro a jiné eseje*. 1. vyd. Praha: MF, 1970, s. 88.

<sup>43</sup> WHITEHEAD, Alfred North. *Matematika a dobro a jiné eseje*. 1. vyd. Praha: MF, 1970, s. 90.

<sup>44</sup> WHITEHEAD, Alfred North. *Matematika a dobro a jiné eseje*. 1. vyd. Praha: MF, 1970, s. 91.

## 5 O teorii relativity

Albert Einstein vyložil svou Teorii relativity v díle *K elektrodynamice pohybujících se těles*, která byla otištěna v *Análech* (prestižní vědecký časopis *Annalen der Physik*) 30. června 1905. Problém, který teorie relativity řešila, lze velmi jednoduše nastínit jednou větou: „Jak poznáme, zda jede vlak a stojí nádraží anebo je tomu naopak?“<sup>45</sup>

Pokud si představíme, že sedíme ve vlaku, který se pohybuje rovnoměrně, jízdu vlastně teoreticky nevnímáme. Jediné, co vidíme, je pohybující se okolí za oknem vlaku. Klidně bychom tedy mohli říci, že vlak je v klidu, ale že se pohybuje železnice. Podle speciálního principu relativity by takový výklad byl dokonce opodstatněný.

Ale v okamžiku, kdy vlak prudce zabrzdí a jeho pohyb se tím pádem stane nerovnoměrným, ucítíme, jak nás setrvačnost sune kupředu. „Zpožděný pohyb vagonu projevuje se v mechanickém chování těles vůči němu; tělesa se chovají mechanicky jinak než v předcházejícím případě, a proto se zdá býti vyloučeno, že by relativně k vagonu nerovnoměrně se pohybujícímu platily tytéž mechanické zákony jako relativně k vagonu stojícímu, po případě pohybujícímu se rovnoměrně.“<sup>46</sup> Je však zřejmé, že relativně k vlaku, který se pohybuje nerovnoměrně, neplatí Galileův základní princip, tedy že „hmotný bod, sám sobě zůstavený a od ostatních dostatečně vzdálený, pohybuje se rovnoměrně a přímočaře“<sup>47</sup>.

Jak určit klidový stav víme z vlastní zkušenosti. Je to stav, kterým skončí veškerý pohyb, pokud již není podpořen žádnou silou. Mělo by se ale těleso, na které už nepůsobí žádná síla, zastavit? Proč by to tak mělo být? Tyto otázky si kladl už Aristotelés ve svém díle *Fyzika*. Fakt, že se těleso skutečně zastaví, použil jako argument proti existenci prázdnoty. Galileo Galilei za účelem bránit Koperníkovu soustavu porovnával experimenty s pozorováním na palubě lodi, stojící nejprve na pevnině a poté plující po moři. „Dospívá k závěru, že vše dopadne stejně. Jeho závěry je možno vykládat (i když samotný Galilei to ještě jasně neučinil) jako projev principu relativity: naprosté fyzikální rovnoprávnosti vztažných soustav, které se vůči sobě pohybují rovnoměrně a přímočaře, přičemž jedna z nich – a tedy všechny – jeví vlastnost, kterou newtonovská fyzika nazývá principem setrvačnosti. Tento princip

<sup>45</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 21.

<sup>46</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 126.

<sup>47</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 125.



v moderní formulaci říká, že částice nepodrobená silám zůstává v klidu nebo v rovnoměrně přímočarém pohybu vůči příslušné, tzv. inerciální vztažné soustavě.<sup>48</sup>

Když Einstein vydal v roce 1905 svou práci „*O elektrodynamice pohybujících se těles*“, kde představil svou teorii relativity, pohyboval se jako mladý vědec spíše na okraji vědecké společnosti. Na jejím vrcholu naopak byl Niels Bohr, který si toho byl dobře vědom. Einsteinova práce navíc byla sepsána tak složitě, že fyzikové k jejímu pochopení dospívali velmi pomalu. I jeho nejhlasitější stoupenci nechápali jeho práci úplně stejně jako sám Einstein, což bylo patrné z jejich odlišných interpretací. Až v roce 1911 vydal Max von Laue první učebnici relativity a zástupy příznivců i odpůrců rychle rostly. Například H. A. Lorentz relativitu nepřijal nikdy, ačkoliv si byli s Einstein blízcí. „Jedinou velkou výjimku tvořil, jak uvidíme, Max Planck, kterého Einstein sám pokládal za svého prvního a nejdůležitějšího zastávce mezi elitou.“<sup>49</sup> Už v roce 1908 ale relativitu přijal i Hermann Minkowski.

„Když Einstein začíná svou práci, je si vědom, že fyzikové jsou hluboce rozděleni do dvou programů a tvrzení – mechanistického obrazu světa a elektromagnetického obrazu.“<sup>50</sup> Ani jeden z těchto obrazů však nepovažoval za uspokojivý a dostatečný k tomu, aby se fyzikální obraz světa mohl stát celistvým. „Einstein nazýval nejvznešenějším cílem vědy úsilí uchopit veškerá empirická fakta a nenechat stranou ani jedinou danou zkušenost.“<sup>51</sup> Jeho současníkům se tato nespokojenost s oběma koncepty mohla zdát stěží pochopitelná, avšak budoucí fyzika dala Einsteinovi za pravdu.

Navzdory filosofii, která v jeho době převládala, Einstein stále tvrdil, že úspěšná cesta k odhalení řádu přírody nespočívá v samotné logice, ale je k ní především třeba intuice. Odmítal úplnou nadvládu pozitivismu. Přiznal však, že sám neví, jakým způsobem naše mysl dokáže překonat vnější zdání a dobrat se k univerzálně platným zákonům. Zde se proto Einstein odvolává na Leibnizovu myšlenku o předzjednané harmonii, která vede naši mysl po té správné cestě. Vědecké bádání Einstein popisoval jako snahu, jejíž konec je v nedohlednu. Jako snahu, při které člověk dokáže propojit svou intuici s logikou. „Je to mandát vytvářet co nejlepší možný objektivní popis fyzikálního kosmu

<sup>48</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 21, 22.

<sup>49</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 102.

<sup>50</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 106.

<sup>51</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 130.

a přitom muset pracovat pouze s lidskými subjektivními schopnostmi a s pojmy, které jsou v podstatě libovolné.<sup>52</sup> Vědecké zkoumání vyžaduje, aby vědec použil všechny svůj talent a všechny schopnosti k tomu, aby dokázal pochopit soulad věcí, které se jiným lidem zdají neslučitelné.

„V roce 1905 Einstein přispěl ke své teorii ještě dalším, krátkým, ale důležitým článkem *Závisí setrvačnost tělesa na jeho energetickém obsahu?*, který byl uveřejněn rovněž v *Análech*. Na příkladu tělesa vyzařujícího dvě stejné porce elektromagnetické energie opačnými směry a sledovaného ze dvou vztažných soustav ukazuje, že změna jeho energie musí být doprovázena změnou setrvačné hmotnosti. Jeho poznatek má obecný ráz a není již těžké dospět odtud k „nejslavnějšímu vzorci fyziky“,  $E = mc^2$ , spojujícímu energii  $E$ , hmotnost  $m$  (závislou na rychlosti tělesa) a rychlost světla ve vakuu  $c$  a vyjadřujícímu ekvivalenci mezi hmotností a energií.<sup>53</sup> Důsledkem tohoto Einsteinova objevu bylo, že se v obyčejné hmotě skrývá velké množství energie, kterou lze uvolnit fyzikálními procesy.

## 5.1 Speciální teorie relativity

V první části svého spisu *Speciální teorie relativity*, který v českém vydání vyšel roku 1923, Einstein začíná představením fyzikálního obsahu geometrických vět. Každý z nás je již od dětství obeznámen s eukleidovskou geometrií, jejíž základní pojmy jako je rovina, bod nebo přímka jsme schopni si představit. Také jsme schopni uznat i pravdivost základních axiomů geometrie, které z těchto představ vyplývají. Nemá ale smysl ptát se po pravdivosti *samotných* axiomů. Výroky čisté geometrie nelze označovat za pravdivé, protože slovo „pravda“ by označovalo shodu s daným předmětem v naší zkušenosti. „Geometrie se však nezabývá vztahem svých pojmů k předmětům zkušenosti, nýbrž jen vzájemnou logickou souvislostí těchto pojmů.“<sup>54</sup> Přesto máme tendenci označovat geometrické věty jako pravdivé, protože geometrické pojmy odpovídají do určité míry předmětům v přírodě.

„Dále jsme zvyklí představovati si, že tři body leží na jedné přímce, jestliže při vhodné volbě pozorovacího místa vidíme jedním okem, jak jejich obrazy splývají.“<sup>55</sup>

<sup>52</sup> HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2, s. 154.

<sup>53</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 26.

<sup>54</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 86.

<sup>55</sup> Tamtéž.

Pokud tedy dvěma bodům tělesa vždy odpovídá jedna úsečka, ať už je těleso v jakékoli poloze, „tu z vět euklidovské geometrie se stávají věty o možných relativních polohách prakticky tuhých těles“<sup>56</sup>.

Tedy už je možné se ptát po pravdivosti těchto geometrických vět, tedy zda odpovídají skutečným věcem, což záleží na naší nedokonalé zkušenosti. Tuto pravdivost ale budeme nejdříve pouze předpokládat, dokud v Einsteinově druhé části jeho úvah nezjistíme, kam až sahají meze, které se na onu pravdivost vztahují.

Vzdálenost dvou bodů pevného tělesa jsme schopni určit měřením. Místo nějakého děje je pak v Karteziánském systému souřadnic určeno délkou tří souřadnic, která je zjištělná měřením podle zákonů eukleidovské geometrie. Abychom mohli prostorově určit místo určitého děje, musíme k tomu použít nějaké tuhé těleso, na které se ono děje prostorově vztahuje. „Onen vztah předpokládá, že pro „délky“ platí zákony Euklidovy geometrie, při čemž jest „délka“ fyzikálně interpretována dvěma značkami na tuhém tělese.“<sup>57</sup>

Aby nějaký pojem mohl nabýt určitého obsahu, musí být spojen se smyslovým zážitkem. Stejně tak tomu je i s fyzikálním pojmem prostoru. Východiskem pro tento pojem je představa dvou tělesných objektů, které se buď mohou dotýkat anebo jsou od sebe vzdáleny, čímž umožní, že mezi ně můžeme vložit další těleso, tedy „vyplnit mezeru“. Pojem prostoru se tedy vyvíjel spolu s tělesnými objekty, s prostorem mezi nimi, tedy s prostorem, který se zdá být stejně tak reálný jako tyto tělesné objekty. Pojem prostoru jako kontinua se vůbec nevyskytoval v Eukleidově matematice. Tím, kdo dal bodu v prostoru souřadnice, byl až René Descartes. Díky němu začaly být geometrické útvary součástí nekonečného prostoru, trojrozměrného kontinua. A právě toto Descartovo pojetí potřeboval ve své fyzice Isaac Newton, jehož prostor měl pohybový stav bez mechanických jevů a také působil na hmotu, ale nic nepůsobil na něj. Prostor tak zůstal pasivním místem, který neměl žádný vliv na děje, které v něm probíhaly.

To se změnilo až s nástupem Faradayovy a Maxwellovy teorie elektromagnetického pole. Přišli s myšlenkou, že „prostor vyplňuje éter a v něm plavou hmotné částice anebo atomy vážitelné hmoty.“<sup>58</sup> Kde není hmota, nemělo by být ani pole. Kdyby však bylo za vlnové pole považováno světlo, jevy interference a šíření světla by mohly být velmi

<sup>56</sup> Tamtéž.

<sup>57</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 89.

<sup>58</sup> EINSTEIN, Albert. *Jak vidím svět*. 2. edičně upravené vydání. Praha: Československý spisovatel, 1966, s. 37.

jasně vysvětleny. V první čtvrtině devatenáctého století se tak objevila potřeba zavést pole existující i v prázdném prostoru, kde není žádná vážitelná hmota. Vznikl tím paradox. Bylo totiž třeba, aby se i v původně prázdném prostoru předpokládala existence určité formy hmoty, která byla pojmenována jako éter. „Jak se éter z mechanického hlediska chová vůči vážitelným tělesům? Účastní se pohybu těles nebo jeho části zůstávají vzhledem k sobě v relativním klidu?“<sup>59</sup>

H. A. Lorentz podal vysvětlení, že éter se pohybů těles neúčastní a že části éteru nevykonávají žádné relativní pohyby vzhledem k sobě navzájem. „Tak se éter v dané situaci vyjevil jako ztělesnění absolutně nepohyblivého prostoru. Vysvětloval všechny elektromagnetické a optické procesy v tom čase známé předpokladem, že vliv vážitelné hmoty na elektrické pole – a opačně – je dán čistě tím, že částice tvořící hmotu nesou elektrické náboje, které sdílejí pohyb částic.“<sup>60</sup>

„Díky zavedení pojmu pole v elektrodynamice se Maxwellovi zdařila předpověď existence elektromagnetických vln, o jejichž zásadní totožnosti se světlem nebylo možno vzhledem k rovnosti rychlosti šíření pochybovat.“<sup>61</sup> „Jedním z psychologických důsledků tohoto nesmírného úspěchu bylo, že pojem pole, postaven do kontrastu k mechanistickému rámci klasické fyziky, nabýval postupně větší nezávislosti.“<sup>62</sup> „V rámci klasické fyziky působí pojem pole jako pomocný pojem pro případy, kdy hmota je nazírána jako kontinuum.“<sup>63</sup> „Pro dosud zmíněná pole je charakteristické, že se objevují pouze ve vážitelných tělesech; slouží pouze k popisu stavu této hmoty.“<sup>64</sup>

Teorie éteru však ještě nebyla plně uspokojivá, dokud ji nevysvětlila speciální teorie relativity. Ukázala, že je nutné, aby se elektromagnetické pole dále nepovažovalo za nositele hmoty. „Pevný čtyřrozměrný prostor speciální teorie relativity je do jisté míry čtyřrozměrnou analogií pevného třírozměrného éteru H. A. Lorentze.“<sup>65</sup>

Einsteinovo přiznání fyzikální reality prázdnému prostoru ale kontrastuje s filosofickým pohledem na prázdný prostor. Zajímavé je zde porovnání právě s názory

<sup>59</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 193.

<sup>60</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 193, 194.

<sup>61</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 192.

<sup>62</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 192, 193.

<sup>63</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 191.

<sup>64</sup> Tamtéž.

<sup>65</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 197.

Reného Descarta. Podle Descarta bychom realitu neměli připisovat žádným věcem, které nemůžeme fyzicky zakusit, pokud to není absolutně nevyhnutelné. Čímž naráží právě na prázdný prostor, který tedy podle něj neexistuje.

„Ideu prostoru ovšem napovídají jisté primitivní zkušenosti.“<sup>66</sup> Pokud bychom měli krabici, lze do ní umístit různé předměty, až se krabice nakonec naplní. To, že je možné do krabice takto něco poskládat, je vlastní této krabice jakožto hmotného objektu. Tato možnost poskládání je tedy dána spolu s krabicí, „prostorem obklopeným“<sup>67</sup> krabicí. Způsob, jakým lze předměty do krabice naskládat, je záležitostí eukleidovské geometrie. Je to tedy určitý ohraničený prostor. Pokud bychom tuto krabici umístili do větší prázdné krabice, sdílejí obě krabice podle obecného mínění jeden a ten samý prostor, který patří každé z obou krabic. Pokud se ale menší krabice pohybuje vzhledem k větší krabici, přiřazuje se pak každé krabici její specifický prostor, který je považován za neohraničený. „Předpokládá se, že tyto dva prostory se pohybují jeden vzhledem k druhému.“<sup>68</sup>

Je nutné si uvědomit, že prostor není neohraničené prostředí, ve kterém plují hmotné objekty. Existuje nekonečný počet prostorů, které jsou vzhledem jednoho ke druhému ve vzájemném relativním pohybu.

„Rafinovanost pojmu prostoru vzrostla s objevem, že žádná úplně tuhá tělesa neexistují. Všechna tělesa jsou deformovatelná silami pružnosti a jejich objem se mění s teplotou. Struktury, jejichž možné polohy jsou popsány euklidovskou geometrií, nelze tudíž brát odtrženě od fyzikálních pojmů. Ale protože fyzika musí pro ustavení svých pojmů konec konců užívat geometrie, může být empirický obsah geometrie ustaven a testován pouze v rámci fyziky jako celku.“<sup>69</sup>

Jediný člověk, který přemýšlel o vyloučení pojmu prostoru, byl Ernst Mach, který takto uvažoval ve snaze porozumět setrvačnosti. K vyloučení prostoru ale nedošlo, neboť je to pojem, který je v přírodních vědách nenahraditelný.

---

<sup>66</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 183.

<sup>67</sup> Tamtéž.

<sup>68</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 185.

<sup>69</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 189.

## 5.2 Obecná teorie relativity

Pro vysvětlení pojmu prostoru v klasické mechanice udává Einstein následující příklad. Pokud z okna rovnoměrně jedoucího vlaku necháme na trať spadnout kámen, uvidíme ho padat po přímce. Kolemjdoucím se ale může zdát, že kámen padá po oblouku. Otázkou tedy je, zda místa, kterými kámen při svém pádu proletí, leží na přímce nebo na oblouku. Pro vysvětlení Einstein nahrazuje termín pohyb v prostoru termínem „pohybu vzhledem k jistému prakticky tuhému vztažnému tělesu“<sup>70</sup>. A pokud místo termínu „vztažné těleso“ použijeme termín „systém souřadnic“, lze prohlásit, že vzhledem k systému souřadnic, který je spojen s vagonem, padá kámen po přímce, kdežto vzhledem k systému souřadnic spojených se zemí probíhá tento pohyb po parabole. „Na tomto příkladě jest viděti, že pohybová čára o sobě neexistuje, nýbrž jen pohybová čára vzhledem k určitému vztažnému tělesu.“<sup>71</sup> Každý bod takové pohybové čáry musí mít přiřazený čas, ve kterém se těleso v daném bodě nachází.

Pokud je určitý souřadnicový systém Galileovým systémem souřadnic, je jím i každý jiný souřadnicový systém, který je vzhledem k tomu prvnímu ve stavu rovnoměrného přímočarého pohybu. Přírodní děje pak probíhají vzhledem k jednomu i druhému souřadnicovému systému podle stejných obecných zákonů. To je principem relativity. Tomuto principu dává za pravdu to, že s velkou přesností popisuje pohyby nebeských těles. Z toho důvodu musí princip relativity platit i v mechanice.

Se speciální teorií relativity v souvislosti s elektrodynamikou vyplynulo, že není možné od sebe oddělit prostor a čas. Fyzikální prostor se tak stal čtyřrozměrným, tedy kromě tří prostorových rozměrů obsahuje i časovou dimenzi. Speciální teorie relativity je ale jen jedna část teorie relativity. Po roce 1905 se Einstein věnoval vztahu relativity a zákonitostí mikrosvěta. V letech 1911 až 1912 však v jeho práci dochází k obratu a zaměřuje se na relativistickou teorii gravitace. Snažil se najít teorii, která by popisovala fyzikální děje v neinerciálních vztažných soustavách. Tuto teorii Einstein pojmenovává jako obecnou teorii relativity, což je druhá část teorie relativity. „Speciální teorie relativity, na níž spočívá obecná teorie, vztahuje se na všechny fyzikální pochody kromě gravitace; obecná teorie relativity podává zákon gravitace a její vztah k ostatním přírodním silám.“<sup>72</sup>

<sup>70</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 90.

<sup>71</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 90, 91.

<sup>72</sup> EINSTEIN, Albert. *Jak vidím svět*. 2. edičně upravené vydání. Praha: Československý spisovatel, 1966, s. 44.

„Podle legendy Newton objevil svůj gravitační zákon, když mu spadlo na hlavu jablko. Mohla by se vyprávět podobná legenda o Einsteinovi, jak spadl ze stromu s utrženým jablkem a povšiml si, že i když mu jablko vyklouzlo z prstů, padá zároveň s ním.“<sup>73</sup>

Pokud by neexistovalo gravitační pole, Einstein i jablko by při stejné počáteční rychlosti letěli prostorem stejně, protože v Minkowského čtyřrozměrném prostoročase procházejí takovou spojnici událostí, která je v něm nejprímější čarou, tedy přímkou. V prostoročase, jehož souřadnice jsou zakřivené a spojené s neinerciální vztažnou soustavou, je vyjádření přímky komplikovanější, přestože dále zůstane přímkou. Podobně jako speciální relativita je i obecná relativita založena na myšlence, kterou lze získat z prostého pozorování.

Už od řeckého starověku je známo, že k popsání pohybu jednoho tělesa je zapotřebí, aby se jeho pohyb vztahoval k dalšímu tělesu, což se ve fyzice nazývá „souřadný systém“. Relativita má dva hlavní principy. První, speciální princip relativity je ten, že každý obecný přírodní zákon, který platí pro jeden souřadný systém, musí platit také pro jiný souřadný systém, který je vzhledem k prvnímu v rovnoměrném posuvném pohybu. Druhý princip relativity je ten, že světlo má ve vakuu vždy určitou rychlost, která je nezávislá na pohybovém stavu a světelném zdroji. Přestože se oba tyto principy potvrzují zkušeností, logicky se je podařilo spojit až speciální teorií relativity upravením kinematiky.

„Ukázalo se, že výpověď o současnosti dvou událostí má smysl, jen vztahuje-li se na souřadný systém, a že tvar měřicích těles právě tak jako rychlost chodu hodin musí být závislý na jejich pohybovém stavu v souřadném systému.“<sup>74</sup>

Aby oba principy skutečně fungovaly, musela se fyzika místo Galileiho-Newtonovým zákonům přizpůsobit Einsteinovu pohybovému zákonu pro rychle se pohybující hmotné body. Speciální teorie relativity také ukázala, že setrvačnost systému je závislá na jeho obsahu energie. Obecná teorie relativity, která podává zákony přitažlivosti, se musela vzdát eukleidovské geometrie, protože zákony pro umístění těles v prostoru se neshodovaly se zákony v eukleidovské geometrii. To vedlo k myšlence zakřivení prostoru, tedy že pojmy jako přímka a rovina ztrácejí ve fyzice svůj význam. V obecné teorii relativity závisí geometrické vlastnosti těles a chod hodin na gravitačních polích,

<sup>73</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 34.

<sup>74</sup> EINSTEIN, Albert. *Jak vidím svět*. 2. edičně upravené vydání. Praha: Československý spisovatel, 1966, s. 45.

které vytváří hmota. Potvrdilo se to v otáčení elips planetárních drah okolo Slunce, v zakřivení světelných paprsků gravitačními poli a v dalších pozorováních. Einstein však říká, že touto nebo jakoukoliv jinou teorií nelze zapomenout Newtonovo dílo, které si svůj význam zachová i do budoucnosti.

### 5.3 Důsledky teorie relativity

Teorie relativity tak zakončila práci Maxwella a Lorentze tím, že rozšířila fyziku pole na všechny jevy včetně přitažlivosti. Za jejím objevem stála snaha co nejlépe přizpůsobit fyzikální teorii pozorovaným skutečnostem. Zákon o stálé rychlosti světla ve vakuu vedl k tomu, že se pojem času musel začít chápat jako relativní. Speciální teorie relativity říká, že čas a prostorové souřadnice jsou absolutní, pokud je možné je měřit tuhými tělesy a hodinami. Relativní jsou ale tehdy, pokud závisí na pohybovém stavu daného inerciálního systému. Čtyřrozměrné kontinuum si zachovává tento absolutní charakter.

Že působení gravitačního pole způsobuje zakřivení v pohybu dvou vůči sobě se pohybujících těles, je již od Galilea známo. Nově se však zjišťuje, že pokud se proti vztažnému tělesu šíří světelný paprsek, jeho dráha není přímka, ale pohybuje se křivočaře. Pro naši zkušenost gravitačního pole je toto tvrzení nepoznatelné, ale potvrdili ho astronomové při zkoumání paprsků procházejících blízko Slunce během jeho zatmění. Podle obecné teorie relativity tak ale nemůže dále platit, že by rychlost světla ve vakuu byla konstantní. „Světelné paprsky se totiž mohou zakřivit jen tehdy, jestliže se rychlost šíření světla s místem mění.“<sup>75</sup>

Einsteinovi odpůrci na základě toho tvrdili, že obecná teorie relativity tím zvrátila speciální teorii relativity. Ve skutečnosti to ale neznamená zrušení speciální teorie relativity a teorie relativity vůbec, ale pouze to, že její výsledky jsou platné jen tehdy, když je možné nedbat vlivů gravitačních polí na jevy jako je například světlo. Einstein odmítal tvrzení, že obecná teorie relativity zrušila speciální teorii relativity. Toto tvrzení by se jinak podobalo například tvrzení, že neeukleidovská geometrie zrušila eukleidovskou geometrii. Obecná teorie relativity se zabývá zakřiveným prostoročasem a speciální teorie relativity se zase zabývá plochým prostoročasem. Zakřivené souřadnice jsou ale použitelné i ve speciální teorii.

---

<sup>75</sup> EINSTEIN, Albert. *Jak vidím svět*. 2. edičně upravené vydání. Praha: Československý spisovatel, 1966, s. 61.



Po roce 1915 hrála speciální relativita roli určitého paradigmatu, které obsahuje negravitační fyziku. „Einstein již v práci roku 1905 vyřešil tento problém pro základy mechaniky a Maxwellovy teorie elektromagnetického pole. Přitom zákony mechaniky musely být opraveny, zatímco u Maxwellových rovnic stačilo pouze ukázat, že při správné reprezentaci byly relativistické již před relativitou.“<sup>76</sup>

Výsledky tohoto paradigmatu mohou být převedeny do paradigmatu obecné relativity, „v němž zůstává otevřena otázka zdrojů gravitačního pole“<sup>77</sup>. „Hlavním úkolem obecné relativity ovšem bylo přesvědčit fyziky o své užitečnosti předpovědí jevů, které se odlišují od Newtonovy teorie, a výsledky své aplikace na oblasti, v nichž se již s platností Newtonovy teorie nedá ani přibližně počítat.“<sup>78</sup> Až díky další generaci vědců, kteří upozornili na další možné experimenty, se v polovině dvacátého století podařilo vyjmout obecnou teorii relativity z její zvláštní izolace. Tato „renesance obecné relativity obohatila i její běžný jazyk: čtenář asi slyšel o reliktním záření, které vyplňuje vesmír jako památka na rané fáze jejího vývoje po velkém třesku, či o černých dírách, které jsou výsledkem gravitačního kolapsu“<sup>79</sup>. „Obecná teorie relativity je obdivována jako velkolepý doklad síly racionálního myšlení.“<sup>80</sup>

## 5.4 Má náš svět hranice?

Albert Einstein si také kladl otázku, zda náš svět má nějaké časové či prostorové hranice. Odvrátil se od Newtonova předpokladu, že nám známý svět musí disponovat svým středem, od kterého se postupně snižuje hustota hvězd, dokud nevznikne nekonečné prázdno, které nás obklopuje. „Ať cestujeme v světovém prostoru jakkoliv daleko, všude nacházíme volné roje stálic přibližně asi stejného druhu a stejné hustoty.“<sup>81</sup> Toto pojetí je neslučitelné s Newtonovou teorií, která požaduje existenci středu světa, kde mají hvězdy největší hustotu, která by se s narůstající vzdáleností od tohoto středu zmenšovala, dokud by se daleko vně nevytvořil nekonečný prázdňý

---

<sup>76</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIMUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 43.

<sup>77</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIMUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 44.

<sup>78</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIMUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 45.

<sup>79</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIMUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 48.

<sup>80</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIMUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 55.

<sup>81</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIMUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 157.

prostor. „Hvězdný svět musel by tedy tvořiti konečný ostrov v nekonečném oceánu prostoru.“<sup>82</sup>

„Spekulace o stavbě světa šly však také ještě zcela jiným směrem. Rozvoj neeukleidovské geometrie vedl totiž k poznání, že možno pochybovati o nekonečnosti našeho prostoru, aniž by tím nastala kollise se zákony myšlení nebo se zkušeností (Riemann, Helmholtz).“<sup>83</sup> Kdybychom si představili dvojrozměrný svět na rovině s jeho plochými obyvateli, byl by tento svět stejně jako ten náš rozprostřený do nekonečna. Kdybychom si dvojrozměrný svět představili na povrchu koule, nemohou už jeho obyvatelé považovat geometrii svého světa za dvojrozměrnou eukleidovskou. Při pokusu o vytvoření přímky by totiž dostali křivku. I tento svět má ale konečnou plochu. Jenže: „Svět těchto bytostí jest konečný, a přece nemá hranic.“<sup>84</sup>

Obyvatelé kulového světa mohou určit poloměr svého světa, přestože mají pro měření k dispozici jen jeho malý kousek. Pokud je ale tento kousek až příliš malý, nelze říci, že jsou na kulovém světě, neboť „malý úsek povrchu koule liší se jen velmi málo od stejně velikého úseku roviny“<sup>85</sup>.

„Když tedy obyvatelé koule bydlí na nějaké planetě, jejíž sluneční systém zaujímá jen mizivě malou část kulového světa, tu nemají žádnou možnost rozhodnouti, žijí-li v konečném nebo v nekonečném světě, neboť úsek světa, jenž jest přípustný jejich zkušenosti, v obou případech jest prakticky rovný, po př. euklidovský.“<sup>86</sup>

Trojrozměrný kulovitý prostor, který si lze představit tak, že všechny jeho body jsou rovnocenné a má konečný objem daný jeho poloměrem, je analogický dvojrozměrnému prostoru, kulové ploše. Má konečný objem, je tedy konečný, ale nemá hranice. Je tedy možné myslet uzavřený prostor, který ale nemá hranice. Pokud bychom si kladli otázku po celkové povaze našeho světa, je pro nás nepřijatelnější výklad, že svět je nekonečný, a to jak prostorově, tak i časově. Naše zkušenost ale nestačí k tomu, abychom odpověděli na otázku, zda je náš svět nekonečný, či konečný na způsob kulovitého světa.

---

<sup>82</sup> Tamtéž.

<sup>83</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 158.

<sup>84</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 159.

<sup>85</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 160.

<sup>86</sup> Tamtéž.

„Podle obecné theorie relativity nepatří geometrické vlastnosti prostoru samému, nýbrž jsou podmíněny hmotou.“<sup>87</sup> Protože měřítka a hodiny závisí na gravitačních polích, nelze prohlásit eukleidovskou geometrii za exaktně platnou, i když je možné si myslet, že je náš svět od této geometrie odlišný jen málo. „Mohlo by se mysliti, že se náš svět s geometrického hlediska chová obdobně jako částečně nepravidelně zakřivená plocha, která se však nikde znatelně neodchyluje od roviny, asi tak, jak malými vlnami zvířená hladina jezera. Takový svět mohli bychom vhodně nazvati quasi-euklidovským. Byl by to prostor nekonečný. Počtem však vychází, že v quasi-euklidovském světě by nutně střední hustota hmoty byla rovna nulle. Takový svět by pak nemohl býti všude obydlen hmotou.“<sup>88</sup> „Výpočet ukazuje spíše, že při rovnoměrně rozdělené hmotě by nutně musil býti sférický. Jelikož hmota ve skutečnosti jest rozdělena částečně nepravidelně, chová se skutečný svět v jednotlivostech poněkud nesféricky, jest quasi-sférický. Ale jest nutně konečný.“<sup>89</sup>

---

<sup>87</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 162.

<sup>88</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 163.

<sup>89</sup> Tamtéž.

## 6 Einsteinova filosofie vědy

I když byl Einstein především fyzikem, po celý svůj život se zajímal i o filosofii, které se začal věnovat již na gymnáziu. „Významný formotvorný vliv na Einsteinův „filosofický vývoj“ měl neformální debatní klub „Academia Olympia“, jehož (vůdčím) členem byl Einstein v Bernu těsně po skončení curyšské Polytechniky.“<sup>90</sup> Znalosti, které díky tomuto klubu Einstein získal, pro něj byly velmi důležité. Studium filosofie neovlivňovalo jen jeho fyzikální postoje, ale utvářelo také jeho názory týkající se lidské společnosti, které rád prezentoval. Nezajímal ho ale samotný vývoj filosofie, ale pouze její návaznost na vědu. „Ocenění se u Einsteina dostávalo obecně všem myslitelům, kteří sdíleli jedno základní naladění – tendenci nechat se vést ideálem harmonie a jednoty univerza a jeho jednotného popisu.“<sup>91</sup> Zajímali ho tak racionalisté jako Descartes, Leibniz, Spinoza i britský empirik Hume. Zvláštní postoj zaujal ke *Kritice čistého rozumu* od Immanuela Kanta, neboť Einsteinovy vlastní názorové pozice byly pravým opakem Kantových idejí. Přesto ale téma Kantovy *Kritiky*, která se věnovala vztahu teorie a empirie bylo zároveň i Einsteinovým filosofickým námětem. Kantovo dílo *K věčnému míru* také nepochybně Einsteina zaujalo, protože se odráželo v jeho názorech ohledně problematiky mezinárodní politiky. „Kant pro Einsteina celoživotně ztělesňoval především osvícenský ideál rozumnosti, který má být uplatňován ve všech oborech lidské praxe.“<sup>92</sup>

Z řad jeho současníků mu byli blízcí hlavně ti filosofové, kteří se věnovali i vědeckému zkoumání. Byli to tradiční pozitivisté John Stuart Mill a Karl Pearson, také empiriokritici Ernst Mach a Richard Avenarius a novopozitivisté z „Vídeňského kruhu“, kterým byl i Bertrand Russell. Dále se Einstein orientoval i v idejích Henriho Poincarého. „V závěrečné fázi jeho života, kterou prožíval na „Institute for Advanced Studies“ v americkém Princetonu, měly na jeho myšlení velký vliv debaty s Kurtem Gödelem, který sám sebe považoval za matematického „platonika“.“<sup>93</sup> A jako Karl R. Popper, se kterým si dopisoval, i Einstein se věnoval kritice pozitivistické metodologie a konvencionalismu.

<sup>90</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 246.

<sup>91</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 247.

<sup>92</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 248.

<sup>93</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 249.

I když Einstein věděl, že jeho dílo ve fyzice způsobilo převrat, nepovažoval se za revolucionáře a prosazoval spíše postupný vědecký vývoj. Protože ale za revolucionáře opravdu považován byl, objevily se i snahy o výklad jeho filosofického myšlení a ontologizaci jeho teorií, což se samotnému Einsteinovi nezamlouvalo. Z filosofického hlediska jsou jeho myšlenky spíše než ucelenou filosofií výběrem konkrétních problémů, které vyvstaly spolu s jeho objevy ve fyzice. Einsteinova filosofická tvorba měla tři různé důvody svého vzniku.

Prvním důvodem bylo vytyčení cílů pro svou práci ve fyzice, která musela zaujmout stanovisko ke kvantové teorii. Zde se Niels Bohr stal na dlouhou dobu Einsteinovým oponentem. Spadá sem i výše zmíněná kritika pozitivistické metodologie, která měla podle Einsteina omezující vliv na fyziku.

Druhým důvodem bylo Einsteinovo přesvědčení, že fyzika slouží lidem k většímu dosahu jejich běžných zkušeností. Proto je třeba věnovat se vztahu teorie a empirie.

Třetím důvodem byla Einsteinova skepse ohledně možností filosofů dostat se až k hlavním problémům, které tehdy znali pouze přední vědci.

Einsteinův postoj k poznávání přírody se postupem času vyvíjel a měnil. Opustil machovský pozitivismus a pohyboval se na jeho pomezí s novokantovstvím. Podle P. Franka Einstein představuje zároveň pozitivismus i metafyzickou koncepci. Podle Poppera Einsteinův postoj předchází jeho falzifikacionismu. Paul Feyerabend Einsteina označuje jako metodologického oportunistu. „Všechny tyto charakteristiky mají za základ Einsteinovu postupnou snahu smířit ve svých teoriích i jejich „filosofické“ reflexi jejich empirický a racionální aspekt.“<sup>94</sup>

Einsteinova epistemologie se pohybuje „na průsečíku polemiky s machovským pozitivismem, subjektivním idealismem berkeleyovského typu, kantismem, konvencionalismem i indeterminismem a subjektivismem kodaňské interpretace kvantové fyziky“<sup>95</sup>. Jak již bylo uvedeno výše, Einstein považuje fyziku za nástroj „zpřesnění každodenního myšlení“<sup>96</sup>, stejně jako jiné vědy. Vůbec se ale nevěnuje jakýmkoli psychologickým rozborům, protože věří, že fyzika může pracovat jen s materiálem, který nám poskytují naše smysly. Fyzikální teorie je podle Einsteina „volný výtvar lidské mysli“<sup>97</sup>, který je „výsledkem sedimentace dlouhodobé zkušenosti

<sup>94</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 252.

<sup>95</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 256.

<sup>96</sup> Tamtéž.

<sup>97</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*.

smyslových vněmů.<sup>98</sup> „Svoboda v jejich tvorbě a užívání však není nezávazná tak, že by se podobala např. svobodě spisovatele fantastických příběhů – podobá se spíše svobodě řešitele dobře sestavené křížovky.“<sup>99</sup> Pokud by se vědec snažil fyzikální principy čerpat pouze z empirie, pak tato jeho metoda nebude úspěšná. Základní fyzikální principy jsou totiž „vždy důsledkem „volné spekulace“<sup>100</sup>. „V klasické mechanice byly takovými pojmy např. hmotný bod, síla, zrychlení, setrvačnost, absolutní současnost i absolutní prostor a nastavily tak limity jejímu obrazu světa.“<sup>101</sup>

V souvislosti s Bertrendem Russellem, britským matematikem, logikem a filosofem, řeší Einstein otázku, která byla kladena během vývoje filosofického myšlení po celá staletí. Je to otázka po schopnosti poznání našeho rozumu bez přístupu k jakýmkoliv smyslovým vjemům a zda je něco takového vůbec možné. Ačkoliv mnozí filosofové na počátku filosofické éry dávali na tuto otázku kladnou odpověď, byl to pouhý klam, jak ostatně můžeme vidět v pozdější filosofii a v přírodních vědách. Proti takové, jak Einstein říká, aristokratické iluzi, stojí plebejská iluze naivního realismu, podle které jsou věci právě takové, jak je našimi smysly vnímáme. Bertrand Russell tvrdil, že překonání tohoto naivního realismu můžeme vidět ve fyzice. Můžeme tedy v přírodě pozorovat určitý objekt, ve skutečnosti se ale jedná o působení objektů na sebe, což z naivního realismu činí klam. „Pozorovatel, který naznačuje, že pozoruje kámen, pozoruje, věříme-li fyzice, ve skutečnosti působení kamenů na sebe.“<sup>102</sup> Právě takový fyzikální přístup ničí důvěru v poznávání věcí pouhým myšlením.

David Hume si díky tomu osvojil svůj skeptický přístup ke každému poznání. Empirické poznání tedy podle něj nemohlo být nikdy jisté. Pokud člověk přistoupí na tuto kritiku, musí ze svého myšlení odstranit všechny metafyzické pojmy, které není možné odvodit z našeho smyslového poznání. Naše myšlení totiž získává materiální obsah jedině vzhledem k tomu, co smyslově vnímáme. Einstein to sice považuje za pravdivé, avšak samotný návod k takovému myšlení považuje za chybný, protože by se

---

Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 259.

<sup>98</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 256.

<sup>99</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 259. EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity a jiné eseje*. Praha: Pragma, 2000, s. 243, [NON VIDI].

<sup>100</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 259. EINSTEIN, Albert. *Aus meinen späten Jahren*. Berlin: Ullstein, 1993, s. 97, [NON VIDI].

<sup>101</sup> ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9, s. 259.

<sup>102</sup> EINSTEIN, Albert. *Jak vidím svět*. 2. edičně upravené vydání. Praha: Československý spisovatel, 1966, s. 98.

jím tak každé myšlení vylučovalo jako metafyzické. Aby se myšlení nestalo metafyzickým, je třeba, aby se pojmy dostatečně spojovaly se smyslovými vjemy a tento systém byl přehledný a co možná nejvíce úsporný. Tento strach před metafyzikou velmi ovlivnil i Russella, který ale nakonec uznal, že se bez metafyziky přeci jenom neobejdeme. „V průběhu let se stále více zamýšlel nad povahou lidského poznání a snažil se najít střední cestu mezi jeho racionální a empirickou složkou, které bychom mohli personifikovat jmény Immanuela Kanta a Davida Huma. Obě složky jsou v nejlepší části Einsteinova díla v ideální rovnováze.“<sup>103</sup> Einsteina lze považovat za teoretika poznání, který se nepřiklonil k aristotelské iluzi racionálního myšlení, ani k plebejské iluzi o sběru a zpracování empirických dat.

Einstein, přestože byl primárně fyzikem, považoval filosofii za nezbytnou součást vědeckého zkoumání. Toto přesvědčení lze dobře vidět i v jeho korespondenci s fyzikem Robertem Thorntonem, který vyučoval fyziku na univerzitě města Mayaguez v Portoriku: „Plně s vámi souhlasím ohledně významu a vzdělávací hodnotě metodologie stejně jako historie a filosofie vědy. Tolik lidí dnes – a dokonce i profesionální vědci – mi připadají jako někdo, kdo viděl tisíce stromů, ale nikdy neviděl les. Znalost historického a filozofického pozadí dává tento druh nezávislosti na předsudcích své generace, kterými většina vědců trpí. Tato nezávislost, vytvořená filozofickým vhledem, je – podle mého názoru – známkou rozdílu mezi pouhým řemeslníkem či specialistou a opravdovým hledačem pravdy.“<sup>104</sup>

Filosofie vědy měla pro Einsteina velký význam, proto se k ní ve své tvorbě neustále vracel. Věda a epistemologie jsou podle něj na sobě vzájemně závislé. „Epistemologie se bez kontaktu s vědou stává prázdným schématem. Věda bez epistemologie je – do té míry, do jaké je to vůbec myslitelné – primitivní a zmatená.“<sup>105</sup> Vědec „vděčně přijímá epistemologické konceptuální analýzy; ale vnější podmínky, které jsou pro něj dány fakty zkušenosti, mu nedovolují nechat se příliš omezovat v konstrukcích jeho konceptuálního světa držením se epistemologického systému. Proto se musí systematickému epistemologovi jevit jako typ bezohledného oportunisty: jeví se jako realista do té míry, dokud se snaží popsat svět nezávisle na aktech vnímání; jako

<sup>103</sup> EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9, s. 55.

<sup>104</sup> Einstein's Philosophy of Science. HOWARD, Don A. STANFORD UNIVERSITY. *Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Stanford (CA): The Metaphysics Research Lab, 2004, 2010 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://plato.stanford.edu/entries/einstein-philsience/>.

<sup>105</sup> Einstein's Reply to Criticisms. EINSTEIN, Albert. *Marxist Internet Archive* [online]. [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.marxists.org/reference/archive/einstein/works/1940s/reply.htm>.

idealista do té míry, do které nahlíží na koncepty a teorie jako na volné invence lidského ducha (logicky neodvoditelné z toho, co je empiricky dáno); jako pozitivista do té míry, do které uvažuje své koncepty a teorie za ospravedlněné pouze do takového rozsahu, ve kterém poskytují logickou reprezentaci vztahů mezi smyslovými zkušenostmi. Může se dokonce jevit jako platonik či pythagorejec do té míry, do které uvažuje své hledisko logické jednoduchosti za nepostradatelný a efektivní nástroj svého výzkumu<sup>106</sup>.

Einstein byl často označován, především v jeho mladších letech, za myslitele, který měl velmi blízko k pozitivismu. Nikdy ale nebyl striktním pozitivistou, což i sám tvrdil, přestože předpokládal, že jeho fyzikální teorie budou zkušenostně ověřeny. Stejně tak nebyl ani vědeckým realistou, i když se v jeho vědecké tvorbě měla odrážet fyzikální realita. Jeho holistický a empirický postoj je dobře vidět v protikladu ke Kantově apriorní doktríně, zvláště v její neslučitelnosti se zakřivením prostoru v obecné teorii relativity. Einstein považoval za nutnost, aby fyzikální teorie tvořila celek složením jejich jednotlivých částí, a mohla tak být zkušenostně ověřena experimenty. Kdyby v ní byl jediná z jejích částí chyběla, teorie by již správně nevypovídala o zkušenostech. Necelý souhrn částí teorie by se stal apriorním a jejich výběr by pak byl řízen libovolně. Celek prvků musí mít empirický obsah, aby teorie obstála vůči vyvrácení. Úsilím o zavedení nové formy empirismu se Einstein spolu se Schlickem a Reichenbachem bránil útokům novokantovských výroků. Jejich snahou tak bylo odstranit z vědy Kantovy apriorní konvence. „Byl to tento spor ohledně povahy a místa konvencí ve vědě, který tvořil podklad Einsteinova postupného filosofického odcizení od Schlicka a Reichenbacha ve dvacátých letech dvacátého století. Tento spor byl zapletený s dvěma dalšími problémy, jmenovitě realismem a Einsteinovým slavným pohledem na teorie jako na „volné výtvořiny lidského ducha“. Einsteina trápilo, že verifikační sémantika spojovala teorii a zkušenost příliš silně, což zanechávalo malý význam pro samotnou teorii.“<sup>107</sup>

Výběru teorie Einstein přikládá velký význam, jelikož tvrdí, že hledání toho nejobecnějšího fyzikálního zákona, ze kterého můžeme čistě deduktivně odvodit obraz světa, je ten nejvyšší fyzikův cíl. „K těmto elementárním zákonům nevede žádná logická cesta; to je místo toho jen intuice, která spočívá na empatickém porozumění

<sup>106</sup> Einstein's Reply to Criticisms. EINSTEIN, Albert. *Marxist Internet Archive* [online]. [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.marxists.org/reference/archive/einstein/works/1940s/reply.htm>.

<sup>107</sup> Einstein's Philosophy of Science. HOWARD, Don A. STANFORD UNIVERSITY. *Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Stanford (CA): The Metaphysics Research Lab, 2004, 2010 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://plato.stanford.edu/entries/einstein-philsience/>.



zkušenosti.“<sup>108</sup> Kde se už při výběru teorie nelze spolehnout na samotné experimenty, tam existuje jiné kritérium, které vědci pomáhá určit správnou teorii. Tím kritériem je její logická jednoduchost. Einstein sám často říkal, že obecná teorie relativity je v podstatě výsledkem jeho hledání nejspokojivějšího, ale zároveň i logicky nejjednoduššího souboru rovnic, které překonávají dané překážky. I podle naší vlastní zkušenosti je příroda tím, jak lze matematicky představitelné ideje nejjednodušeji uskutečnit. „Zkušenost přirozeně zůstává jediným kritériem užitečnosti matematických konstrukcí pro fyziku. Ale skutečný kreativní princip spočívá v matematice. Tudiž, v jistém smyslu, dávám za pravdu, že čistá myšlenka může uchopit realitu, jak o tom snili antičtí myslitelé.“<sup>109</sup>

Teoretik se na své intelektuální cestě musí spolehnout na to, že přímou úměrou, čím více se přibližuje svému cíli, se tím více musí vzdalovat empirické zkušenosti. Výsledná teorie ale musí nakonec obstát v porovnání s realitou. Takové snažení tedy nelze označit za pouhé fantazírování, jak může být i vysmíváno skeptiky. Je ale třeba pochopit, že je to velmi hluboce promyšlený způsob, jak dosáhnout logicky nejjednodušších a empiricky testovatelných výsledků. Jednoduchost jako kritérium pro výběr teorie byla jednomyslně přijata tehdejší vědeckou komunitou. Například Schlick říká, že právě jednoduchost je zárukou, že teorie bude obsahovat co nejméně libovolných prvků, které se vymykají naší znalosti reality.

Einsteinovým cílem v jeho vědeckém zkoumání je správné teoretické určení fyzikální reality, skutečnosti fyzikálního světa. Přestože připouští, že přírodní vědy se zabývají skutečností, neoznačuje sám sebe jako realistu. Podmínku realismu, že pro vytvoření fyzikálního systému je třeba předpokládat prostorovou oddělitelnost, shrnuje Einstein takto: „Ale co koncipujeme jako existující, by mělo být nějak lokalizováno v čase a prostoru. Tedy to skutečné v jedné části prostoru, A, by (teoreticky) mělo „existovat“ nezávisle na tom, co je myšleno jako skutečné v další části prostoru, B. Pokud se fyzikální systém rozpíná přes části A i B, tak to, co je přítomné v B, by mělo nějak mít existenci nezávislou na tom, co je přítomné v A. Co je skutečně přítomné v B by tak nemělo záležet na typu měření prováděném v části prostoru A; mělo by to také být nezávislé na tom, zda-li je nakonec měření provedeno v A.“<sup>110</sup> Prostorová oddělitelnost tvoří jeden z hlavních Einsteinových argumentů pro odmítání kvantové mechaniky.

<sup>108</sup> Einstein's Philosophy of Science. HOWARD, Don A. STANFORD UNIVERSITY. *Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Stanford (CA): The Metaphysics Research Lab, 2004, 2010 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://plato.stanford.edu/entries/einstein-philsience/>.

<sup>109</sup> Tamtéž.

<sup>110</sup> Tamtéž.

Podle Einsteina by operace prováděné v části prostoru A neměly nijak ovlivnit reálný fyzikální stav části prostoru B. Podle kvantové mechaniky ale právě k tomu dochází, z čehož Einstein usuzuje, že kvantová mechanika nemůže být kompletní teorií. Princip oddělitelnosti vidí Einstein jako apriorní nutnost, jejíž tradice se vyskytuje nejen u Immanuela Kanta, ale už u samotného Isaaca Newtona. Kvantová mechanika tak pro Einsteina ztrácí schopnost realistické interpretace.

## **Závěr**

Tato bakalářská práce ukázala, že ačkoliv byl Albert Einstein primárním zaměřením teoretický fyzik, filosofie pro něj měla velký význam. Zjistili jsme také, že Einstein byl neochvějným pacifistou demokratického smýšlení, který nejvyšší hodnotu společnosti spatřoval v lidské svobodě. Forma náboženského citu, která mu byla blízká, vyjadřovala jeho zanícenost pro pochopení základních principů přírody. Ačkoliv bývá Einsteinovo jméno často spojováno právě s teorií relativity, tato práce potvrzuje jeho celoživotní práci na široké škále vědeckých témat.

Také jsme se dozvěděli, že na Einsteinovu fyzikální práci i filosofické myšlení měla vliv celá řada významných osobností, jako byl Isaac Newton, Immanuel Kant, Hendrik Antoon Lorentz, Marcel Grossman, Max Planck, Alfred North Whitehead a další. Významný byl i jeho vztah se členy Vídeňského kruhu, především s Ernstem Machem, který se, i když zprostředkovaně, zabýval Einsteinovou teorií relativity. Kromě přínosných vlivů dalších vědců se ale u Einsteina vyskytuje i celoživotní nesouhlas s Nielsem Bohrem. Bohr prosazoval kvantovou teorii, kterou však Einstein neshledával jako ideální popis světa.

Důsledkem Einsteinova nejznámějšího díla, teorie relativity, byl převrat ve fyzice a dokázání určitých neúplností v teoriích Isaaca Newtona. V metodologii vědeckého výzkumu Einstein vždy prosazoval pojetí jednotného obrazu světa, který má být vyjádřen logicky pokud možno co nejjednodušším způsobem, který umožní, že výsledné teorie budou zkušenostně ověřitelné srovnáním s realitou. I přes tento důraz na smyslovou zkušenost nebyl Einstein nikdy přísným pozitivistou, protože jeho myšlení bylo zvláštním spojením několika směrů, které zahrnovalo zároveň pozitivismus i idealismus a ve vědeckém bádání uplatňovalo nejen logiku, ale i určitou míru intuice.

## 7 Seznam použitých zdrojů

- [1] EINSTEIN, Albert. *Jak vidím svět*. 2. edičně upravené vydání. Praha: Československý spisovatel, 1966.
- [2] EINSTEIN, Albert. *Teorie relativity*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2005. Quantum. ISBN 978-80-214-3418-9.
- [3] WHITEHEAD, Alfred North. *Matematika a dobro a jiné eseje*. 1. vyd. Praha: MF, 1970.
- [4] ANDRLE, Michal. *Whiteheadova filosofie přírody: Se zvláštním zřetelem k "londýnskému" období*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 2010. ISBN 978-80-87378-22-9.
- [5] HOLTON, Gerald. *Věda a antivěda*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999. 0780. ISBN 80-200-0717-2.
- [6] Einstein's Philosophy of Science. HOWARD, Don A. STANFORD UNIVERSITY. *Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Stanford (CA): The Metaphysics Research Lab, 2004, 2010 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://plato.stanford.edu/entries/einstein-philsience/>.
- [7] Einstein's Reply to Criticisms. EINSTEIN, Albert. *Marxist Internet Archive* [online]. [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.marxists.org/reference/archive/einstein/works/1940s/reply.htm>.